

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma / Merenkulkualan insinööri

Esa Bjong

LAIVAN PÄÄKONEISTON PERUSHUOLTO JA LUOKITUKSET

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulkualan koulutusohjelma

BJONG, ESA

Insinööri

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Maaliskuu 2011

Avainsanat

Laivan pääkoneiston perushuolto ja luokitukset

46 sivua

Lehtori Ari Helle

Kymi Technology

laivat, huolto, pääkoneistot, dieselmoottorit, luokitus

Opinnäytetyön tarkoituksena on toimia apu- ja havaintovälineenä laivan pääkoneen luokituksessa ja siihen liittyvissä huolto- ja tarkastustöissä. Tietolähteenä työssä käytettiin omakohtaisia kokemuksia, huoltoraportteja, laitevalmistajan manuaaleja sekä omakohtaisia päätelmiä.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan laivan pääkoneen luokitusta ja siihen sisältyviä moottorin komponenttien huoltoja ja tarkastuksia yhdessä luokituslaitoksen edustajan ja asiakkaan näkökulmasta.

Tavoitteina työtä aloitettaessa oli kerätä tietoa moottorin valmistajan ja luokituslaitoksen vaatimista moottorin komponenttien huolloista ja tarkastuksista koska se helpottaisi työn kartoittamista ja luokituksen vaatiman huoltosuunnitelman tekoa.

Työn lopputulos oli tavoitteiden mukainen, työn edetessä suunnitelmia jouduttiin uusimaan usein, mutta silti tavoitteissa onnistuttiin hyvin.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Maritime Technology

BJONG, ESA

Ship main engine overhaul and classification

Bachelor's Thesis

46 pages

Supervisor

Ari Helle, Lecturer

Commissioned by

Kymi Technology

March 2011

Keywords

maintenance, main engines, diesel engines, classification

The objective of the Bachelor's thesis was to serve as an assisting manual and observing tool for ship main engine classification and maintenance. The research methods consisted of personal experience, maintenance reports, manufacturer manuals and subjective conclusions.

This Bachelor's thesis examines ship main engine classification, maintenance and inspection of engine components which are included in main engine classification. These aspects were studied from the perspective of classification society and customer.

When beginning this study, the objectives were to collect information of engine manufacturer's and classification society's requirements for engine component maintenance and inspections.

Those who do engine classification maintenance can use this study as supporting manual when planning maintenance.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	8
1.1	Työn aihe ja tavoite	8
1.2	Taustat	8
1.3	Tiedonhankinta ja tutkimusmenetelmät	9
1.4	Laivan tekniset tiedot	9
1.5	Moottorin tekniset tiedot	10
2	LUOKITUSLAITOS JA SEN TEHTÄVÄT	11
2.1	Luokitusperiodit	11
3	ALUKSEN KONEISTOA KOSKEVAT YLEISET SÄÄNNÖKSET	12
4	TARKASTUKSET JA HUOLLOT	13
4.1	Käyttöiät ja tarkastusvälit	13
4.2	Polttoainelaitteisto	16
4.2.1	Laitteet	16
4.2.2	Huoltohistoria	17
4.2.3	Analysointi ja huolto	17
4.3	Sylinterivuori	19
4.3.1	Huoltohistoria	19
4.3.2	Analysointi ja huolto	19
4.4	Lohko	20
4.4.1	Huoltohistoria	20
4.4.2	Analysointi ja huolto	20
4.5	Turboahdin	21
4.5.1	Huoltohistoria	22
4.5.2	Analysointi ja huolto	22
4.6	Ahtoilman jäähdytin	22

4.6.1	Huoltohistoria	23
4.6.2	Analysointi ja huolto	23
4.7	Sylinterikansi ja apulaitteet	23
4.7.1	Huoltohistoria	24
4.7.2	Analysointi ja huolto	24
4.8	Nokka-akseli ja laakerit	26
4.8.1	Huoltohistoria	26
4.8.2	Analysointi ja huolto	26
4.9	Nokka-akselin välihammaspyörä	29
4.9.1	Huoltohistoria	29
4.9.2	Analysointi ja huolto	29
5.1	Kampiakseli ja runkolaakerit	29
5.1.1	Huoltohistoria	30
5.1.2	Runko- ja painelaakereiden kunnon määrittäminen	30
5.1.3	Analysointi ja huolto	31
5.1.4	Runko- ja painelaakerit	33
5.2	Kiertokangen laakerit	34
5.2.1	Huoltohistoria	34
5.2.2	Kiertokangen laakereiden kunnon määrittäminen visuaalisesti	34
5.2.3	Analysointi ja huolto	35
5.3	Männän kruunu	36
5.3.1	Huoltohistoria	36
5.3.2	Analysointi ja huolto	36
5.3.3	Modifikaatio	37
5.4	Männänrenkaat ja öljyrenkas	37
5.4.1	Modifikaatio	37
5.4.2	Analysointi ja huolto	38
5.5	Männän pyörittäjä	39
5.5.1	Analysointi ja huolto	39
5.6	Kiillottumisenestorengas	39

5.6.1	Analysointi ja muutostyö	40
5.7	Kampikammion öljysumuhälytinjärjestelmä	40
5.7.1	Tekniset tiedot	42
5.7.2	Asennus	42
5.7.3	Laitteen huolto	42
5.8	Kampiakselin värinävaimennin	43
5.8.1	Huoltohistoria	43
5.8.2	Analysointi ja huolto	43
6	YHTEENVETO	44
	LÄHTEET	47

Käytetyt lyhenteet

A	sähkövirran mittayksikkö (ampeeri)
bar	paineen mittayksikkö (baari)
°C	lämpötilan mittayksikkö (celsiusaste)
h	ajanmittayksikkö (tunti)
HFO	raskas polttoöljy (engl. heavy fuel oil)
HT	korkea lämpötila (engl. high temperature)
IMO	International Maritime Organization, kansainvälinen merenkulkujärjestö
kW	tehon mittayksikkö
LT	matala lämpötila (engl. low temperature)
MDO	meri-diesel (engl. marine diesel oil)
mmWG	painehäviön mittayksikkö, veden paine millimetreinä (engl. millimeters of water gauge)
m³/h	tilavuuden mittayksikkö, kuutiota tunnissa
NO_x	typen oksidi (engl. nitrogen oxide)
Rpm	kierrosnopeuden yksikkö, kierrosta minuutissa (engl. revolutions per minute)
V	jännitteen mittayksikkö (voltti)

1 JOHDANTO

1.1 Työn aihe ja tavoite

Tässä insinöörityössä perehdytään laivan pääkoneen peruskunnostukseen ja luokituslaitoksen huollolle asettamiin vaatimuksiin. Työssä esitellään luokituslaitoksen vaatimat tarkastukset, huollettavat kohteet sekä nykyvaatimusten mukaiset modifikaatiot, jotka on tehtävä, jotta kuljetuskoneiston turvallisuusriskit saadaan poistettua sekä käyttövarmuus maksimoitua.

1.2 Taustat

Laiva, johon pääkoneiston perushuolto ja luokitus tehtiin, oli maannut laiturissa säännöllisesti miehittämättömänä vuodesta 2008, laivan pääkoneistoa oli ”pyöritetty” pari kertaa vuodessa, muuten pääkoneistoon ei ollut koskettu. Varustamona laivalla oli Mano Cruises Ltd. ja aluksen nimi oli The Iris, laivan päätoiminen liikennealue oli ollut Välimeri. Laivan pääkoneiston luokituksesta vastasi Lloyd’s Register of Shipping, jonka kanssa luokitukset tehtiin yhteistyössä.

Luokituksen luokitusperiodi on viisi vuotta ja katsastukset tehdään vuosittain. Laivan kuljetuskoneistoa koskevia säännöksiä ja määräyksiä tulee koko ajan lisää, mikä osin johtuu tapahtuneista vaurioista. Luokituksen tarkoitus on turvata ihmishenkiä, omaisuutta ja ympäristöä merellä. Luokituslaitoksen tarkastaja toimii luokituslaitoksen edustajana ja työskentelee yhdessä asiakkaan eli laivayhtiön kanssa varmistaen, että sääntövaatimukset täytetään.

Tässä työssä esimerkkinä käytettyyn koneeseen tehtiin luokituslaitoksen vaatima viiden vuoden välein tapahtuva luokitus. Koneen huoltohistoriasta ja kunnosta ei ollut täyttä varmuutta, joten samalla tehtiin koneeseen myös täydellinen huolto. Huolto merkitsi käytännössä sitä, että vaikka vanha käytössä oleva moottorikomponentti olisikin ollut luokituslaitoksen kuluneisuusrajojen sisällä, tilalle vaihdettiin uusi komponentti. Samalla kaikista osista, joita ei vaihdettu, saatiin uudet paikkaansa pitävät mittapöytäkirjat, joista nähdään osien kuluneisuus seuraavassa huollossa vertailemalla tuloksia.

Haasteena työssä olivat koneen heikko huoltohistoria sekä projektin kiireellinen aikataulu ja se, että koneen tekniset manuaalit olivat aluksi käännettynä venäjän kielelle. Haasteita aiheutti myös se, että työssä käytetty konetyyppi eroaa normaalista 4-tahtisesta keskinopeasta dieselmoottorista hieman, koska koneessa käytetään pyörivää mäntää, eikä minulla ollut ennestään minkäänlaista kokemusta tällaisesta konetyypistä aloittaessani opinnäytetyön teon.

Työn tavoitteena on toimia opinnäytetyönä ja opintomateriaalina aiheesta kiinnostuneille sekä auttaa alan opiskelijoita ymmärtämään, mitä luokitusprosessi vaatii luokituslaitoksen edustajalta sekä konetta huoltavalta osapuolelta. Työn ensisijainen tavoite on analysoida ja kerätä tietoa luokituslaitoksen vaatimien koneen komponenttien tarkastuksista sekä suorittaa komponenttien mittaukset, vaurioanalyysit ja modifikaatiot. Koska työtä aloitettaessa koneen huoltohistoriasta ei ollut täyttä varmuutta, päätettiin koneeseen tehdä täydellinen huolto. Työn tavoitteisiin kuuluu myös, että laivan turvallisuus ja käyttövarmuus saadaan luokituslaitoksen vaatimusten mukaiselle tasolle.

1.3 Tiedonhankinta ja tutkimusmenetelmät

Tehdessäni tätä työtä kesällä 2010 keräsin saamani tiedot huoltoraporteiksi ja niiden pohjalta aloin analysoida tietoja yhdeksi paketiksi. Tietolähteisiin kuuluivat omakohdattaiset kokemukset, tekemäni huolto raportit, kuvat, laitevalmistajan manuaalit sekä Internet-sivut ja omiin havaintoihin perustuvat päätelmät. Kuvat työssä, jos ei toisin mainita, ovat tekijän omia.

1.4 Laivan tekniset tiedot

Nimi	The Iris
Omistaja	Mano Cruises Ltd.
Liikennealue	Välimeri
Vetoisuus	12 852 GRT
Pituus	138 m

Leveys	22 m
Syväys	5,6 m
Matkustajamäärä	n. 400 henkilöä

1.5 Moottorin tekniset tiedot

Opinnäytetyössä tutkittava moottori on malliltaan Sulzer 6ZL40, joka on 4-tahtinen keskinopea laivamoottori, polttoaineena toimii raskaspolttoöljy HFO380 tai vaihtoehtoisesti marine-diesel. Moottori on kuusisylinterinen suora rivimoottori ja yhden sylinterin sisähalkaisija on 40 cm, mistä moottorin mallimerkintä 6L40 tulee.

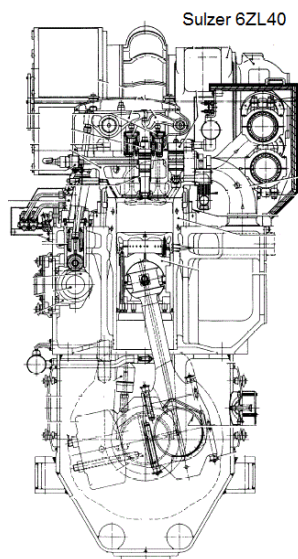
Moottorin tiedot:

Teho 3200 kW

Nopeus 530 rpm

Polttoaineet HFO 380, MDO

Voiteluaine Castrol TLX 304 Plus



Kuva 1. Moottorin poikkileikkaus (2.)

2 LUOKITUSLAITOS JA SEN TEHTÄVÄT

Luokituslaitokset ovat yleensä kansainvälisesti riippumattomia yrityksiä, jotka suorittavat viranomaisten valtuutuksella aluksille tarkastuksia, joiden tarkoituksena on ihmishengen, omaisuuden ja ympäristön turvaaminen. Luokituslaitoksia on paljon, suurimpia luokituslaitoksia on Lloyd's Register of Shipping, DNV- Det Norske Veritas, GL- Germanischer Lloyd, ABS- American Bureau of Shipping, BV- Buretas Veritas.

IMO (International Maritime Organization) on tehnyt luokituslaitoksille yhtenäisen hyväksyntä- ja valtuutusmenettelyjärjestelmän, joka on tehty yhtenäistämään luokituslaitoksien säännöksiä. Myös luokituslaitosten kansainvälinen järjestö IACS (International Association of Classification Societes) valmistelee yhteistyössä eri luokituslaitoksien kanssa yhteisiä sääntöjä ja suosituksia yhtenäistääkseen kaikkien laitoksien säännöksiä. Luokituslaitoksilla on myös IMO-säännöksiä lisäksi omat säännöt ja ohjeet, jotka on tehty parantamaan ja täydentämään IMO:n antamia säännöksiä. Luokituslaitosten määräykset ja säännöt koskevat pääosin samoja asioita, eikä yhtiöiden välillä ole helpotuksia määräyksissä ja säännöissä, vaan luokituslaitoksen valinta on varustamon oma valinta, jonka määrää varustamon omat asiaperusteet.

Luokituslaitos on mukana laivan suunnittelussa, rakentamisessa ja käytön tarkastelussa koko laivan eliniän. Luokituslaitoksen säännöt perustuvat laivanrakennuksen ja suunnittelun periaatteisiin, ja niitä käytetään mm. kauppa-, matkustaja- ja sotaluoksissa. Jos luokituslaitos havaitsee vuosikatsastuksen tai tarkastuksen yhteydessä, että laiva ei ylläpidä luokituslaitoksen sille asettamia määräyksiä, luokituslaitos lopettaa laivan luokituksen. Jos laiva poistetaan luokasta, kyseessä olevan maan viranomaiset pysäyttävät aluksen.

2.1 Luokitusperiodit

Luokituslaitos määrää laivoille luokitusperiodin, jota tulee noudattaa. Luokitusperiodit jaetaan kolmeen osaan, joita ovat vuosittainen tarkastus, välitarkastus ja telakointiluokitus.

Vuosittainen tarkastus suoritetaan joka vuosi. Tarkastus voidaan suorittaa ilman telakointia laivan ollessa normaalisti liikenteessä. Tarkastettaviin kohteisiin kuuluvat

muun muassa kansirakenteet, lastiluukut ja niiden lukitukset, pilssisysteemit, palo-
ovet, vesitiiviit ovet, palontorjuntavälineistö ja miehistön pätevyys.

Välitarkastus suoritetaan joka kolmas vuosi normaalin vuositarkastuksen yhteydessä.
Välitarkastus on perusteellisempi kuin joka vuosi suoritettava tarkastus. Tarkastettavia
kohteita ovat normaalin vuositarkastuksen lisäksi muun muassa tankkien kunnon tar-
kastukset ja laivan kulun kannalta tärkeiden putkilinjojen kunnon tarkastukset.

Telakointiluokitus suoritetaan joka viides vuosi jolloin kaikki laivan kulkuun ja turval-
lisuuteen liittyvät kohteet tarkastetaan, laiva joudutaan kuivatelakoida tarkastuksen
yhteydessä. Tarkastettavia kohteita ovat muun muassa laivan runko ja propulsiolait-
teistot.

3 ALUKSEN KONEISTOA KOSKEVAT YLEISET SÄÄNNÖKSET

Kaikilla aluksilla, joiden bruttovetoisuus on 400 tonnia tai yli ja jotka toimivat kan-
sainvälisessä liikenteessä, täytyy olla IAPP-sertifikaatti (International Air Pollution
Prevention). Moottorit, joissa täytyy olla IAPP-sertifikaatti, eivät saa olla hätä-
generaattoreina ja niiden on oltava teholtaan suurempia kuin 130 kW.

EIAPP-sertifikaatti

EIAPP-vaatimustenmukaisuustodistus kuuluu osana sertifikaattiin ja siihen on koottu
kaikki moottorin valmistajan ja luokituslaitoksen hyväksymät moottorin käyttöarvot ja
komponentit, jotka vaikuttavat NOx-päästöihin.

Moottorityypistä riippuen vaatimustenmukaisuustodistuksessa ilmoitetaan oikeat käyt-
töarvot ja komponentit, esim. polttoainepumpun männän halkaisija, puristussuhde,
imuventtiilien ajoitus, kannen tiivisteiden paksuus, pakokaasuahtimen tekniset tiedot ja
jäähdytysveden lämpötila.

IMO-merkintä

IMO-merkinnästä selviää moottorin komponentin EIAPP-vaaatimuksenmukaisuustodistukseen merkitty numerosarja, josta voidaan tarkastaa komponentin sopivuus moottoriin.

Komponentit, joissa normaalisti täytyy olla IMO-merkintä, ovat

- polttoainepumppu
- polttoaineventtiili ja -suutin
- männän kruunu
- imuventtiili
- kiertokanki
- kiertokangen alapään laakeri.



Kuva 2. Komponentti, jossa on IMO-merkintä (2.)

4 TARKASTUKSET JA HUOLLOT

4.1 Käyttöiät ja tarkastusvälit

Taulukoissa 1 ja 2 on ilmoitettu Sulzer 6ZL40 -moottorin osien tarkastusvälit sekä käyttöiät. Yleensä monet tarkastettavat osat voidaan tarkastuksen, puhdistuksen ja komponentin kulumisarvojen mittauksien jälkeen asentaa takaisin moottoriin.

Taulukko 1. Moottorin komponenttien käyttöikä

Komponentti	Marine-diesel oil	Heavy fuel oil
Polttoaineventtiilin ruiskutussuutin	6 000 h-7 500 h	4 500 h-6 000 h
Imu- / pakiventtiilit	24 000 h-32 000 h	16 000 h-24 000 h
Mäntä	60 000 h-80 000 h	40 000 h-60 000 h
Männän renkaat	12 000 h-16 000 h	8 000 h-12 000 h
Männän kruunu	36 000 h-48 000 h	24 000 h-36 000 h
Männän pyöritysme- kanismi	40 000 h-60 000 h	40 000 h-60 000 h
Sylinterinvuori	60 000 h-80 000 h	40 000 h-60 000 h
Kiertokangen ylä- päänlaakeri	34 000 h-42 000 h	26 000 h-34 000 h
Kiertokangen ala- päänlaakeri	34 000 h-42 000 h	26 000 h-34 000 h
Kampiakselin runko- laakerit	34 000 h-42 000 h	26 000 h-34 000 h

(2.)

Taulukko 2. Moottorin komponenttien tarkastusväli

Polttoaineventtiilin ruiskutussuuttimen tarkastus	2 000 h
Imu-/pakoventtiilien välyksen tarkastus	1 500 h
Männän ja kiertokangen haalaus	11 000 h
Sylinterivuorin tarkastus	11 000 h
Turboahtimen laakereiden vaihto	10 000 h
Turboahtimen öljynvaihto	2 500 h
Kampiakselin laakerien tarkastus	11 000 h
Kampiakselin indikointi	3 500 h
Sylinterikannen haalaus	11 000 h

(2.)

Taulukoissa esitetyt arvot ovat vain valmistajan ohjearvoja. Todellinen vaihtoväli riippuu seuraavista asioista:

- poltto- ja voiteluaineen laatu
- jäähdytysveden laatu ja lisäaineet
- ympäristö ja käyttöolosuhteet
- voiteluaineen laadun seuranta ja hoito
- huoltotyöt
- alkuperäisvaraosat
- moottorin kuormitus.

4.2 Polttoainelaitteisto

4.2.1 Laitteet

Polttoainelaitteistoon kuuluu polttoainepumppu, joka saa käyttövoiman nokka-akselilta, sekä korkeapaineputki ja polttoaineventtiili, jonka kärjessä on ruiskutussuutin. Jokaisella sylinterillä on oma polttoainelaitteisto. Polttoaineventtiili on jäähdytetty ja se sijaitsee keskellä sylinterikantta. Polttoainelaitteisto on eristetty siten sylinterikanteen ja lohkoon, että polttoainepumpulle menevä polttoaine sekä moottorista säteilevä lämpö yhdessä pitävät polttoaineen lämpimänä eikä ylimääräisiä lämmittimiä tarvita.

Polttoainepumpun huono toiminta ilmenee yleensä sylinterin pakokaasun lämmön muutoksina, mikä voi johtua pumpunmännän jumiutumisesta. Syy vikoihin löytyy yleensä polttoaineen laadusta. Polttoaineventtiilin yleisin vikaantumisen syy on ruiskutussuutin, joka likaantuessaan menee tukkoon eikä enää ruiskuta polttoainetta oikein sylinterin palotilaan. Vika ilmenee yleensä polttoaineen kulutuksen kasvuna.

Polttoaineventtiili sisältää ruiskutussuuttimen sekä kolme venttiilillä jotka ovat

Pääsyöttöventtiili

Kontrolloi pumpulle menevän polttoaineen määrää ja toimii samalla takaiskuventtiilinä estäen korkeapaineiskut takaisinpäin.

Paineentasausventtiili

Paineentasausventtiilin tehtävä on stabilisoida suutinputken painetta.

Hätäpysäytyssylinteri

Kun moottorin elektroninen hätäpysäytys laukeaa, hätäpysäytyssylinteri työntää paineilman (30 bar) avulla polttoainepumpun syöttötangon 0-asentoon.

4.2.2 Huoltohistoria

Valmistajan ilmoittama huoltotoimenpiteiden aikaväli polttoainepumpuille on 8 000-12 000 tuntia, jolloin polttoainepumput säädetään uudestaan. Kun huoltotoimenpiteiden aikaväli on 24 000-36 000 tuntia, suoritetaan täysshaalaus tai vaihdetaan uudet polttoainepumput. Polttoaineventtiilien ruiskutussuuttimien huoltotoimenpiteiden aikaväli on 1 500-2 500 tuntia, huoltoon kuuluu niiden tarkastus ja mahdollinen kunnostus. Kun polttoaineventtiilien ruiskutussuuttimien huoltotoimenpiteiden aikaväli on 4 500-7 500 tuntia, suoritetaan niille täysshaalaus tai vaihdetaan uudet komponentit vanhojen tilalle.

Tutkimani komponenttien käyttötunnit olivat vasta noin puolessa välissä, mutta koska moottorissa aikaisemmin käytetyn polttoaineen laadusta ei ollut tietoa, halusi luokituslaitoksen tarkastaja nähdä polttoainepumppujen, -venttiileiden ja -ruiskutussuuttimien kunnan. Komponentit irrotettiin, purettiin ja mitattiin, minkä jälkeen tarkastaja pyydettiin paikalle katsomaan purettuja osia. Tämän perusteella hän määräsi vaadittavat korjaustoimenpiteet.

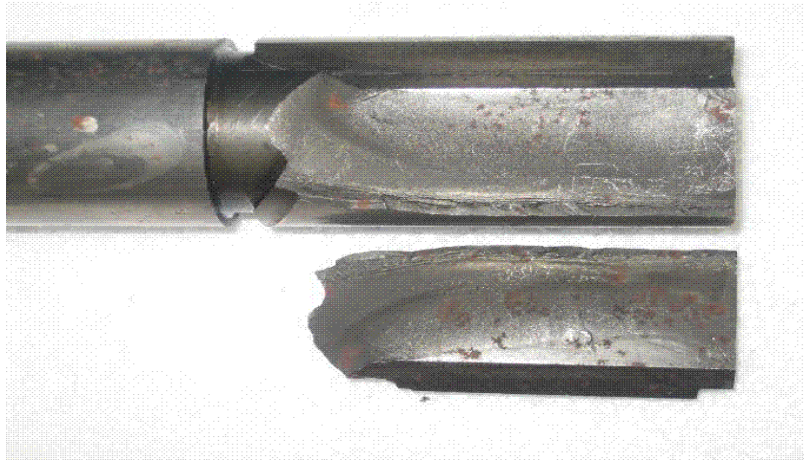
4.2.3 Analysointi ja huolto

Polttoainepumput

Polttoainepumput irrotettiin moottorista ja purettiin osiin, minkä jälkeen osat pestiin, tarkastettiin toleranssit ja kuluneisuusrajat. Pumppujen yleiskunto oli hyvä, mutta miltei kaikissa pumpuissa elementti oli kulunut pistemäisesti pieneltä alueelta ja mäntä oli kulunut tiivistepinnan kulmista, mutta muuten kuluminen oli vähäistä. Elementin ja männän kulmien pyöristyminen johtuu luultavasti siitä, että aluksessa on säätösiipipotkuri, jolloin moottorin kierroslukualue ei ajon aikana muutu paljon, mikä aiheuttaa sen, että elementti kuluu liikaa samalta kohdalta. Kaikki muut elementit ja männät mitattiin ja niiden todettiin olevan toleranssien ja kulumisrajojen sisällä, paitsi 4. sylinterin polttoainepumppu, josta mäntä oli hajonnut kahteen osaan ja rikkonut elementin.

Polttoainepumppujen kaikki tiivistyspinnat hiottiin hiomatahnalla, jolloin saatiin varmistettua, että kaikki pinnat ovat kunnossa. Pumppuihin asennettiin vanhat elementit ja männät, paitsi 4. sylinterin pumppuun, johon asennettiin uusi elementti ja mäntä.

Kaikkiin pumppuihin tilattiin valmistajan huoltosarjat, joihin kuuluivat uudet tiivisteet, o-renkaat ja pultit, jotka vaihdettiin vanhojen tilalle.



Kuva 3. Rikkoutunut polttoainepumpun mäntä

Polttoaineventtiilit

Polttoaineventtiilit olivat erittäin huonossa kunnossa, koska jäähdytysvedessä ei ollut käytetty riittävästi lisäaineita, ja sen takia suuttimien jäähdytyskanavat olivat voimakkaasti kuluneet. Polttoaineventtiilien tiivistyspinnat olivat myös erittäin kuluneita kaikissa sylintereissä ja useimpien venttiilien tiivistyspinnat oli hiottu niin moneen kertaan, että valmistajan niille antamat toleranssit ylittyivät, mikä aiheutti sen, että venttiileitä ei olisi voitu seuraavassa huollossa kunnostaa uudestaan.

Polttoaineventtiilit ja ruiskutussuuttimet vaihdettiin kaikki uusiin, jolloin moottorin käyttöikä ja varmuus saatiin maksimoitua.



Kuva 4. Kulunut tiivistyspinta

4.3 Sylinterivuori

Sylinterivuori on valmistettu erikoiskarkaistusta teräksestä. Sen sisällä kulkee jäähdytyskanavat, joissa virtaa sylinterin jäähdytysvesi. Sylinterivuorin sisäpinnassa tulisi näkyä aina ristikkäinen ”hoonausjälki” ja sylinterivuori tulisi ”hoonata” aina, kun vaihdetaan uudet männänrenkaat, jotta uudet renkaat asettuisivat hyvin sylinterivuoriin.

4.3.1 Huoltohistoria

Valmistajan ilmoittama huoltotoimenpiteiden aikaväli sylinterivuorille on 8 000-12 000 tunnin välein, jolloin tarkastukseen kuuluu vuoren irrotus, mittaus sekä jäähdytyskanavien kunnan tarkastaminen. Vaihtoväli sylinterivuorelle on 40 000-60 000 tuntia raskaalla polttoöljyllä ajettaessa. Moottorissa olevilla komponenteilla oli ajettu huoltojärjestelmän mukaan 12 000 tuntia. Koska jäähdytysveden tai polttoaineen laadusta ei ollut varmuutta, halusi luokituslaitoksen tarkastaja mitata ja tarkastaa yhden sylinterivuorin.

4.3.2 Analysointi ja huolto

Tarkastettava sylinterivuori nostettiin pois 4. sylinteristä, koska moottorin keskelle kohdistuu yleensä suurimmat rasitukset. Ylös nostettu sylinterivuori oli erittäin kulu-
nut eikä täyttänyt luokituslaitoksen vaatimuksia, joten kaikki sylinterivuorit nostettiin pois lohkoista mitattavaksi ja tarkastettavaksi. Sylinterivuorit olivat korrosioituneita sekä niiden sisähalkaisijat olivat yli sallittujen kulumisrajojen, joten kaikki sylinterivuorit jouduttiin vaihtamaan. Tämän takia moottorin valmistaja ehdotti, että moottoriin tehtäisiin kiillottumisenestorengasmodifikaatio (eng. anti polishing ring), jonka tarkoituksena olisi pienentää öljyn kulutusta sekä pienhiukkaspäästöjä moottorissa. Uudelle kiillottumisenestorenkaalle yhteensopivan sylinterivuorin ja alkuperäisen sylinterivuorin rakenne on täysin erilainen, ja se aiheuttaa muutoksia myös mäntään.



Kuva 5. 4. sylinterin vuori

4.4 Lohko

Moottorin lohko on 2-osainen ja se on valmistettu pallografiittivalusta, lohkon jakotaso on kampiakselin runkolaakerien tasossa. Sylinterivuorit jäähdytetään ja tiivistetään lohkon avulla.

4.4.1 Huoltohistoria

Moottorin lohkon jokaisessa sylinterivuorin tiivistepinnassa oli erittäin paljon korroosiota, mikä aiheutti lohkon ja sylinterivuorin väliin jäähdytysvesivuotoja. Vauriot olivat aiheutuneet huonolaatuisesta jäähdytysvedestä. Tiivistepintoja mitattaessa todettiin, että mitat olivat alkuperäiset eikä vaaraa toleranssirajojen ylittämisestä ollut.

4.4.2 Analysointi ja huolto

Luokituslaitos ei hyväksynyt muita korjausmenetelmiä kuin lohkon koneistuksen ammattilaisen tekemänä. Lohkon tiivistepinnat koneistettiin kannettavalla sorvilla, joka asennettiin lohkon sylinterivuorin tilalle. Koneistuksen suorittivat Wärtsilän huoltomiehet moottorin valmistajan ohjeiden ja toleranssien mukaan. Koneistettavia tiivistepintoja olivat sylinterivuorin ylä- ja alatiivistepinnat sekä niiden tasotiivistyspinnat. Koneistuksen jälkeen halkaisijat mitattiin ja niiden todettiin olevan valmistajan ohjeiden sisällä, lukuun ottamatta 2. ja 4. sylinterin sylinterivuorin ylätasen tiivistepintoja. Ne olivat niin huonossa kunnossa, että niitä jouduttiin koneistamaan 1,0 mm yli suurimman sallitun toleranssirajan. 2. ja 4. sylinteriin jouduttiin laittamaan moottorin kasauksen yhteydessä 1,0 mm paksumpi sylinterikannen tiiviste kuin alkuperäinen tiiviste, mikä nostaa sylinterivuoren oikeaan korkeuteen koneistuksen jälkeen.



Kuva 6. Lohkon tiivistyspinnat ennen koneistusta



Kuva 7. Lohkon tiivistyspinnat koneistuksen jälkeen

4.5 Turboahdin

Turboahdin on malliltaan ABB VTR454 ja se koostuu kompressorista (ahtimesta) ja turbiinista. Turboahdin on mekaanisesti riippumaton itse moottorista, mutta ahtimen voiteluöljyjärjestelmä toimii osana moottorin voiteluöljyjärjestelmää. Ahtimessa on vesipesumahdollisuus kompressorin- sekä pakopuolen turbiinipyörälle.

4.5.1 Huoltohistoria

Valmistajan ilmoittama huoltotoimenpiteiden aikaväli turboahtimelle on maksimissaan 13 000 tuntia. Silloin tehtävään huoltoon kuuluu ahtimen täyshaalaus. Moottorissa olevalla ahtimella oli ajettu 13 500 tuntia, joten luokituslaitoksen tarkastaja sekä turboahtimen valmistaja suosittelivat ahtimeen tehtäväksi täyshuoltoa.

4.5.2 Analysointi ja huolto

Turboahdinta avattaessa huomattiin sen olevan erittäin kulunut ja pakoturbiinin siivistä puuttui palasia. Turbiinin akseli lähetettiin ABB:lle tarkistettavaksi mahdollisten epätasapainojen vuoksi, jolloin selvisi, että akseli oli niin kulunut, ettei sitä voitu enää kunnostaa.

Ahtimeen vaihdettiin uusi huoltosarja sekä turbiinin siipipyörät ja akseli. Turboahtimen huolto oli kallis mutta erittäin tärkeä investointi moottorin toimintavarmuuden kannalta.



Kuva 8. Turboahtimen uusi akseli ja siipipyörät

4.6 Ahtoilman jäähdytin

Moottori on varustettu ahtoilman jäähdyttimellä, jonka tehtävänä on jäähdyttää ahtimelta moottoriin menevä kuumentunut paineistettu ilma. Ahtoilman jäähdytys on kaksitoiminen ja se tapahtuu HT- ja LT-jäähdytysvesipiirin avulla. Ahtoilman jäähdy-

tin on koteloitu koneen lohkoon, johon se on kiinnitetty pulteilla ja on irrotettavissa huoltoa varten.

4.6.1 Huoltohistoria

Valmistajan suosittelema ahtoilman jäähdyttimen puhdistusväli on 13 000 tuntia tai kunnes painehäviömittaus ylittää 600 mmWG. Komponentin edellisestä huollosta ei ollut olemassa minkäänlaista dokumenttia.

4.6.2 Analysointi ja huolto

Ahtoilman jäähdyttimelle suoritettiin painehäviömittaus, jonka tulos oli 800 mmWG. Valmistajan suositus huollolle on, että se tehdään, kun painehäviömittaus ylittää 600 mmWG:n arvon. Moottorissa käytetyn jäähdytysveden huonon laadun takia jäähdytin haluttiin tarkistaa myös korroosion varalta.

Kun jäähdytin avattiin, todettiin sen olevan pelkästään likainen eikä korroosiota ollut havaittavissa. Jäähdytin lähetettiin puhdistettavaksi Vaasaan Wärtsilän tehtaalte.

4.7 Sylinterikansi ja apulaitteet

Jokaiselle sylinterille on oma sylinterikansi, joka sisältää kaksi imu- ja kaksi pakoventtiiliä, venttiilin pyörittäjän (eng. rotocap), polttoaineventtiilin, startti-ilmaventtiilin sekä varoventtiilin. Sylinterikansi on vesijäähdytteinen ja jäähdytysvetenä käytetään samaa vettä kuin sylinterivuorissa sekä lohossa.

Jokaiselle venttiilille on oma venttiiliohjuri, venttiilinjousi sekä venttiilinpyörittäjä. Venttiiliin lautaseen on hiottu tiivistuspinta, joka tiivistää venttiilin sylinterikannessa olevaan tiivistysrenkaaseen, ns. venttiilin istukkaan. Venttiilin käyttöiän määrittää yleensä lautasen tiivistuspinta. Tiivistyspintaa voi koneistaa ja hioa moottorinvalmistajan antamaan ohjearvoon asti, mutta kun arvo ylittyy, venttiiliä ei voida enää kunnostaa uudelleen.

Pakoverventtiilien toiminta on ensisijaisen tärkeää moottorissa, joten siksi niiden tarkastusväleihin ja käyttöikäen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Jos venttiilin tiivistys

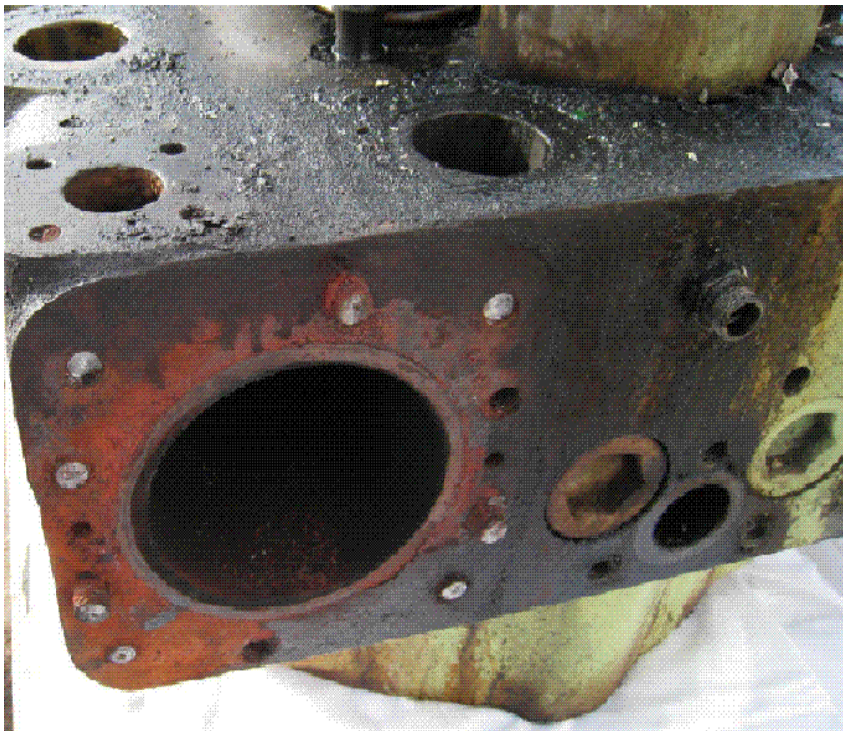
pettää, usein lopputuloksena on venttiilin palaminen, koska silloin moottori pääsee läpipuhaltamaan vuotavasta tiivistyspinnasta.

4.7.1 Huoltohistoria

Sylinterikansi ja venttiilit olivat huollettu viimeksi 13 000 tuntia sitten, joten luokituslaitoksen edustaja halusi kaikki sylinterikannet huollettavaksi. Koska valmistajan ohje sylinterikannen huoltoväliksi on raskaalla polttoöljyllä ajettaessa 8 000-12 000 tuntia, huoltoon kuuluu venttiilin tiivistepintojen koneistus ja kaikkien liikkuvien osien puhdistus ja tarkastus. Jos venttiilin tiivistepintojen mitat eivät ole sallituissa kulumisrajoissa, uuden venttiilin vaihtaminen, venttiilin ohjureiden mittausta, ohjureiden tiivisterenkaiden vaihto, sylinterikannen venttiilin tiivistepintojen koneistus ja venttiilien pyörittäjien toiminnan tarkastus kuuluvat huoltoon.

4.7.2 Analysointi ja huolto

Sylinterikansia irrotettaessa pakoputken kiinnityslaipan pultit olivat ruostuneet kiinni eivätkä lähteneet auki muuten kuin katkaisemalla, mikä aiheutti sylinterikannen kunnostukseen lisätyötä.



Kuva 9. Pakolaipan katkenneet pultit

Koska sylinterikansiin tehtäisiin perusteellinen huolto, samalla kannen jäähdytysvesitilat päätettiin koeponnistaa.

Ennen koeponnistusta kansista irrotettiin venttiilikoneisto, venttiilit ja polttoainelaitteistot. Venttiilin istukat ja venttiilinohjurit jätettiin paikalleen koeponnistuksien ajaksi, jotta saataisiin varmistettua istukoiden ja ohjureiden tiivistesten vuotamattomuus. Sylinterikansien jäähdytysvesitilojen koeponnistus osoittautui hyödylliseksi työksi, koska neljässä sylinterinkannessa pakoventtiilin istukat vuotivat.

Vuotavat pakoventtiilin istukat irrotettiin kansista, jolloin todettiin kannen vesitilojen olevan niin likaisia ja ruosteisia, että kaikista sylinterikansista otettiin kaikki venttiilin istukat ja venttiilin ohjurit pois. Sen jälkeen sylinterikannet lähetettiin Vaasaan Wärtsilän tehtaalle pestäväksi ja puhdistettavaksi.

Imu- ja pakoventtiilit tarkastettiin ensin visuaalisesti mahdollisten vaurioiden tai kulumien varalta, minkä jälkeen niiden varret ja tiivistyspinnat mitattiin. Tarkastettaessa pakoventtiileitä havaittiin venttiililautasissa noin 2 mm kerros karstaa, mutta imuventtiilit olivat puhtaita. Erityisen tärkeä tieto mittauksessa oli venttiilien tiivistyspintojen mitat ja tieto siitä, voiko venttiilejä koneistaa vai joudutaanko niiden tilalle vaihtamaan uudet venttiilit.

Venttiilien tiivistyspintojen uusiminen kuuluu 16 000-24 000 tunnin huoltoon, vaikka tiivistyspinnoissa ei olisi suurempia painaumuksia. Venttiilit olivat visuaalisesti tarkistettaessa hyvässä kunnossa, näkyvissä oli pelkästään pieniä kulumisesta aiheutuvia jälkiä, jotka eivät olleet vakavia koneen toiminnan kannalta. Kun imu- ja pakoventtiileitä mitattiin, todettiin venttiileiden olevan erittäin kuluneita ja moneen kertaan kunnostettuja. Lähes kaikki venttiilit olivat kulumisrajojen ulkopuolella sekä venttiilin varresta että venttiilin tiivistyspinnasta. Tämä tarkoitti sitä, että venttiilit jouduttiin vaihtamaan kokonaan uusiksi, koska koneistus ei ollut enää mahdollista vanhoissa venttiileissä.

Koska imu- ja pakoventtiileitä ei voitu enää huoltaa, suositteli moottorinvalmistaja imu- ja pakoventtiileiden päivittämistä uudentyyppisiin venttiileihin. Uuden venttiilityypin etuja ovat helpompi saatavuus, kestävämpi materiaali ja venttiilien huoltovälin kasvu.

Venttiilin pyörittäjän tehtävä on estää venttiilin palaminen pyörittämällä sitä jokaisella venttiilin nostolla. Pyörittäjät purettiin jokaisesta imu- ja pakoventtiilistä, jokaiseen venttiilin pyörittäjään vaihdettiin uudet laakerit, minkä jälkeen pyörittäjät kasattiin ja asennettiin takaisin paikoilleen.

4.8 Nokka-akseli ja laakerit

Nokka-akseli on valmistettu karkaistusta erikoisteräksestä. Nokka-akselissa on joka sylinterille oma nokka imu- ja pakoventtiilille sekä polttoainepumpulle. Nokka-akselin vauhtipyörän päässä sijaitsee käynnistysilmajakaja, joka jakaa käynnistysilman oikeisiin sylintereihin nokka-akselin avulla. Kampiakseli pyörittää nokka-akselia ja sen voima siirtyy nokka-akselille hammaspyörien välityksellä.

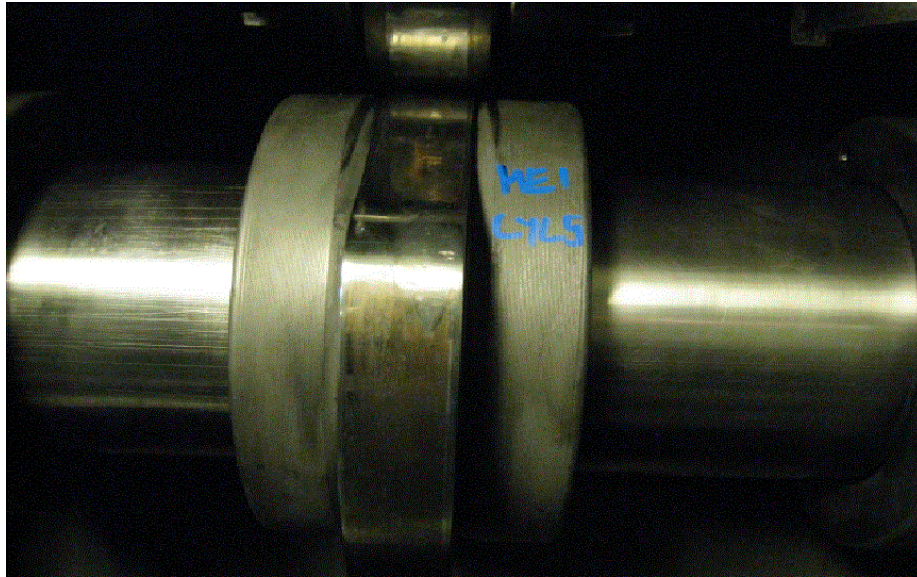
4.8.1 Huoltohistoria

Nokka-akselin edellinen huolto oli tehty 13 000h sitten, jolloin oli vaihdettu nokka-akselin laakerit 2. ja 4. sylinteriin. Samalla nokka-akselin nokat oli tarkastettu silmämääräisesti mahdollisten kulumien varalta, muita tarkastus- tai huoltotoimenpiteitä ei nokka-akselille ja laakereille oltu tehty. Valmistajan suosittelema tarkastusväli nokka-akselille ja sen laakereille on 8 000h-12 000h tuntia. Koska moottorin voiteluaineen laadusta ei ollut varmuutta, halusi luokituslaitoksen tarkastaja nähdä nokka-akselin kaikkien nokkien ja yhden satunnaisen laakerin kunnon sekä nokka-akselin aksiaali- ja radiaalivälyksen.

4.8.2 Analysointi ja huolto

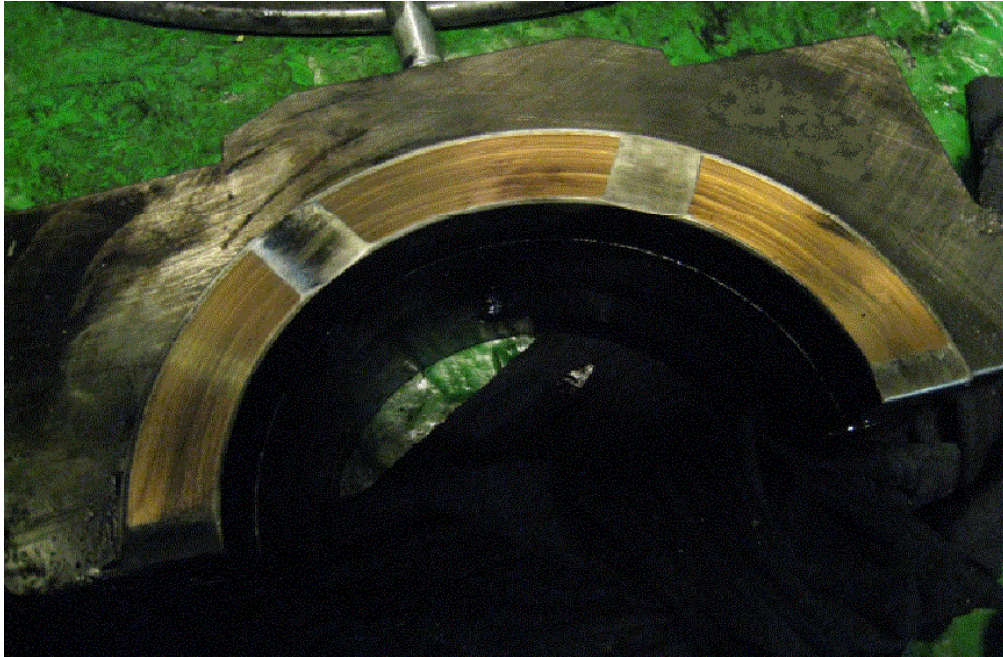
Nokka-akselin nokat tarkastettiin visuaalisesti, nokista etsittiin jälkiä kulumisesta, naarmuista sekä painaumista tai säröistä. Kun nokkia tarkastettiin, todettiin 2. sylinterin imuventtiilin nokka, 2. sylinterin polttoainepumpun nokka sekä 5. sylinterin pakoventtiilin nokka vioittuneiksi. Koska tässä moottorityypissä nokka-akseli on yhtenäisen akseli eikä siinä ole mahdollisuutta irrottaa pulttiliitoksella yhden sylinterin nokkaryhmää pois, voi vioittuneen nokan vaihtaa kahdella tapaa nokka-akselista. Ensimmäinen vaihtoehto on koko nokka-akselin irrottaminen moottorista, jonka jälkeen puristusoviteliitoksella oleva nokka painetaan pois akselilta hydraulisella puristimella ja lopuksi tilalle asennetaan 2-osainen pulttiliitoksella oleva nokkapala. Toinen ja helpompi nokan irrotusvaihtoehto on halkaista vioittunut nokka tehtävään suunnitellulla

paineilmahiomakoneella ja asentaa tilalle uusi 2-osainen pulttiliitoksella oleva nokka-pala. Tässä huollossa päätettiin vioittuneet nokat halkaista erikoistyökalulla ja asentaa tilalle uudet 2-osaiset pulttiliitoksella olevat nokka-akselin nokat. Kun uudet nokat olivat asennettu paikalleen, niiden radiaalinen sekä aksiaalinen suoruus tarkistettiin heittokellon avulla.



Kuva 10. 5. sylinterin vioittunut pakoverheilyn nokka

Luokituslaitoksen tarkastaja halusi nähdä ja mitata akselin välyksen sekä yhden laakerin joten 5. sylinterin laakeri päätettiin avata ja tarkastaa. Laakerin kunto oli huono ja välykset yli sallittujen arvojen, joten päätettiin kaikki laakerit tarkistaa. Nokka-akselin painelaakeri jouduttiin vaihtamaan uuteen, koska laakerin välykset mitattiin ja todettiin olevan yli sallittujen arvojen. Nokka-akselin laakereiden radiaaliset välykset mitattiin ja todettiin että 1,2,3,4 ja 6 sylintereiden laakereiden välykset ovat yli sallittujen arvojen ja ne joudutaan vaihtamaan uusiin.



Kuva 11. Nokka-akselin kulunut painelaakeri

Taulukko 3. Nokka-akselin välykset

Nokka-akselin aksiaali- ja radiaalivälyys	Kulumisraja
0,75/0,58mm	0,4mm

Taulukko 4. Nokka-akselin huollot

Vaihdetut nokka-akselin laakerit sylintereittäin	Vaihdetut nokka-akselin nokat sylintereittäin
1.,2.,3.,4. & 6. sylinterit + painelaakeri	2. sylinterin imuventtiilin nokka sekä polttoainepumpun nokka, 5. sylinteri pakovoventtiilin nokka

4.9 Nokka-akselin välihammaspyörä

Nokka-akseli pyörii kampiakselin avulla, mistä voima välittyy nokka-akselin välihammaspyörän avulla nokka-akseliin. Hammaspyörät ja niiden laakerit saavat voitelun ja jäähdytyksen erillisestä voiteluöljysuutimesta, joka on suunnattu laakereille ja hammaspyörille.

4.9.1 Huoltohistoria

Nokka-akselin välihammaspyörän edellinen tarkastus ja huolto oli tehty 13 000 tuntia sitten, jolloin välihammaspyörään oli vaihdettu uusi laakeri, koska vanha laakeri oli todettu tarkastuksen yhteydessä ylittävän kulumisrajat. Valmistajan suositus tarkastus- ja huoltoväliksi on 8 000-12 000 tuntia. Tällöin tarkastetaan hammaspyörän hampaiden kunto sekä vedetään akseli pois hammaspyörältä ja mitataan akselin ja laakerin kulumisrajat ja tehdään visuaalinen kunnon tarkastus.

4.9.2 Analysointi ja huolto

Välihammaspyörän hampaat olivat hyvässä kunnossa joten hammaspyörää ei uusittu. Akselia mitattaessa todettiin akselin välyksien olevan sallituissa arvoissa eikä akselin pinnassa näkynyt naarmuja tai korroosiota. Nokka-akselin välihammaspyörän laakeri oli kulumisrajojen sisällä, mutta vaihdettiin silti uuteen. Osan ollessa halpa, se kannattaa vaihtaa, koska suurin työ oli purkamisen osalta jo tehty ja samalla saatiin pidennettyä seuraavaa huoltoväliä nokka-akselin välihammaspyörän osalta.

5.1 Kampiakseli ja runkolaakerit

Sulzer 6ZL40-moottorityypissä kampiakseli on malliltaan ”roikkuva”, jolloin runkolaakerisatulat kiinnitetään alakautta. Kampiakseli on seosteräksestä yhtenä kappaleena valmistettu. Kampiakselissa on vastapaino jokaiselle kiertokangelle ja ne ovat kiristetty kampiakseliin hydraulisesti kiristettävillä pulteilla. Kampiakselin vauhtipyörän puoleisessa päässä sijaitsee v-rengastiiviste, joka estää öljyvuodot moottorista. Kampiakselin vauhtipyörän puoleisessa päässä sijaitsee myös painelaakeri ja hammaspyörä, joka välittää voiman nokka-akselille. Kampiakselin vapaassa päässä sijaitsee värinänvaimennin, jonka tehtävä on vaimentaa kampiakseliin kohdistuvia vääntöjä ja värähtelyjä.

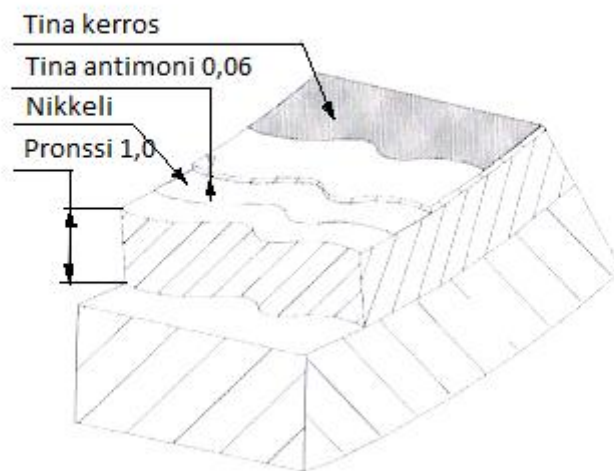
5.1.1 Huoltohistoria

Kampiakselin runkolaakerit ja vierintäpinnat oli tarkastettu 10 000 tuntia sitten. Valmistajan suositus tarkastusväliksi on 8 000-12 000 tuntia, jolloin puolet koneen kaikista runkolaakereista sekä niiden vierintäpinnoista pitää irrottaa ja tarkastaa. Koska moottorin voiteluöljyn laatu oli ollut heikko, niin luokituslaitos halusi varmuuden kampiakselin kunnosta ja määräsi kaikki laakerit ja vierintäpinnat tarkastettavaksi. Indikoinnista ei ollut olemassa minkäänlaisia dokumentteja, joten luokituslaitos määräsi myös kampiakselin indikoinnin tehtäväksi mahdollisten liian suurien kampiakselin taivutusjännitteiden vaaran takia.

5.1.2 Runko- ja painelaakereiden kunnan määrittäminen

Runkolaakerin pintamateriaalin paksuus on vain 1/100 mm. Pintamateriaalin alla on pronssikerros, joka indikoi laakerin kuluneisuutta laakerin pinnan värin muutoksella. Laakerin kuntoa määriteltäessä on laakeri vaihdettava uuteen, jos vanhassa laakerin pinnassa näkyy alempaa pronssikerrosta tai jos alemman runkolaakerin liuskan alkuperäinen paksuus on vähentynyt 0,20 mm.

Laakerinpinnan läpileikkaus

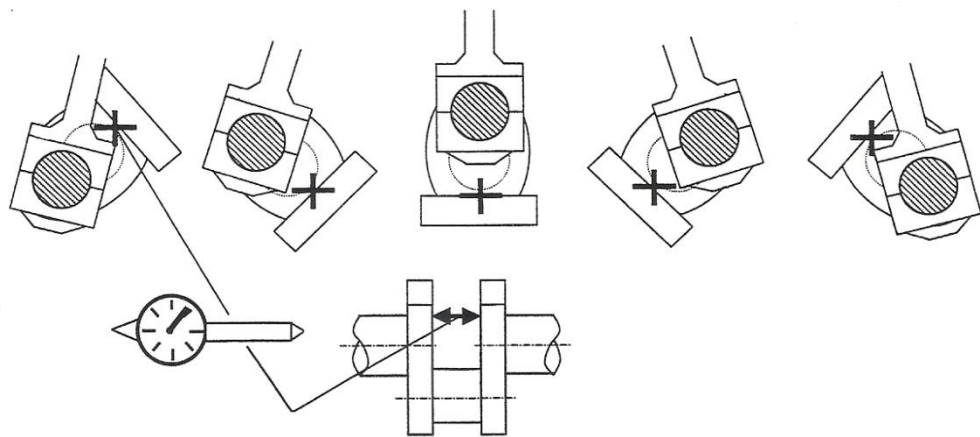


Kuva 12. Laakerin pintakerroksien läpileikkaus (4.)

5.1.3 Analysointi ja huolto

Kampiakselin indikointi yleisesti

”Kampiakselin indikoinnilla tarkoitetaan moottorin kampiakselin linjausta. Siinä tarkistetaan, ettei koneperusta taivuta moottorin runkoa, joka voi vaarallisesti korottaa kampiakselin taivutusjännitystä. Linjausta parannetaan tarvittaessa muuttamalla sovitapalojen paksuutta. Kampiakselin linjauksen tarkistus eli indikointi (engl. Indication of crank shaft deflection) suoritetaan pyörittämällä kampiakselia eri asentoihin ja lukemalla kammenreisien välisen etäisyyden vaihtelu, ”heitto”. Suositusarvo on hiukan negatiivinen, mikä tarkoittaa moottorin rungon taivuttavan kampiakselia ylöspäin. Heitto ei saa kuitenkaan yhdessäkään kammessa ylittää moottorikohtaista sallittua arvoa.” (1.)



Kuva 13. Kampiakselin taipuman mittaus (1.)

Kampiakselin analysointi ja huolto

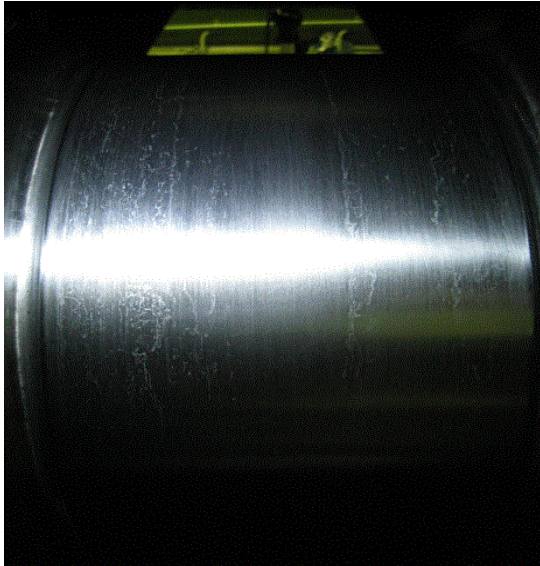
Luokituslaitos halusi indikoida kampiakselin, nähdä kampiakselin kaulat sekä runkolaakerit. Ensin kampiakseli indikoitiin, jotta nähtäisiin mahdolliset kampiakselin vääntymät. Indikointi suoritettiin valmistajan ohjeiden mukaisesti ja mittalaitteena käytettiin elektronista indikointimittalaitetta. Indikointi osoitti, että kampiakseli on suora eikä vääntöjä ollut havaittavissa. Sen jälkeen kampiakselin aksiaalinen vällys mitattiin heittokellolla, aksiaalinen vällys oli 0,22mm, mikä oli sallituissa rajoissa. Kaikki kiertokangen alapään laakerit avattiin, jotta kampiakselin kaulat saataisiin tarkastettua visuaalisesti mahdollisten kulumien ja halkeamien varalta sekä mitattua. Kun laakerit

olivat irrotettu, alkoi kaulojen silmämääräinen tarkastus, mikä oli tarpeellista koska suurin osa kampiakselin kauloista oli ruosteessa sekä täynnä naarmuja ja kolhuja. Korroosion oli luultavasti aiheuttanut sen, että moottorissa oli käytetty huonolaatuista voiteluainetta ja koska moottoria ei oltu pyöritetty pitkään aikaan.

Kampiakselin kaulat päätettiin korjata hiomalla ruoste pois erittäin hienolla hiomakankaalla sekä poistamalla kolhut hiomakivellä. Kaikkia kolhuja ja korroosiota kauloista ei pystynyt hiomaan pois, mutta suurimmat silmällä nähtävät ruosteet ja kolhut kauloista saatiin poistettua. Lopulta kun työ oli valmis, tuli Wärtsilän tarkastaja hyväksymään lopputuloksen. Lopuksi kaikista kauloista mitattiin kaulan halkaisija sekä soikeus kolmesta kohdasta. Kampiakselin kaulat olivat valmistajan ilmoittamien kulumisrajojen sisällä eikä niissä ollut toleransseja ylittäviä kulumia.



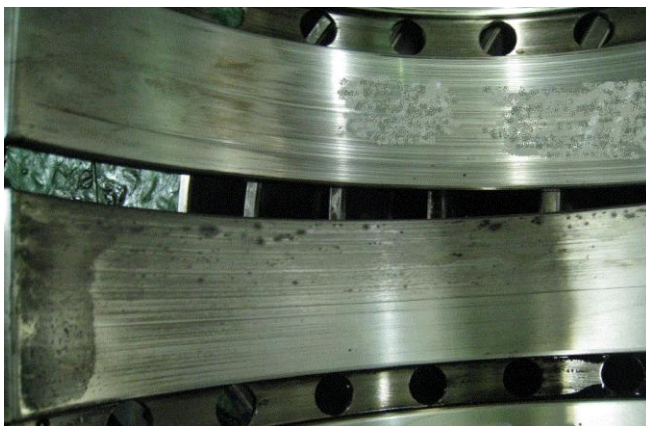
Kuva 14. Kampiakselin kaula ennen hiontaa



Kuva 15. Hiottu ja hyväksytty kampiakselin kaula

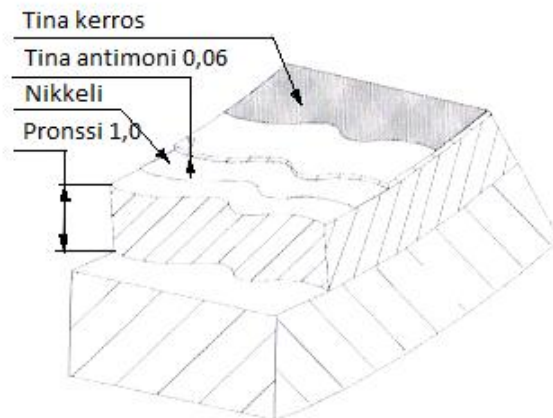
5.1.4 Runko- ja painelaakerit

Kun laakereita tarkastettiin, todettiin niiden olevan kuluneita, koska niissä näkyi miltei koko laakerin leveydeltä pronssikerrosta, joka indikoi kuluneisuutta laakerissa. Kaikki runkolaakerit sekä painelaakerit jouduttiin vaihtamaan uusiin, koska laakerit eivät täyttäneet vaatimuksia. Kampiakselin runkolaakereiden sekä painelaakereiden vierintäpinnoissa oli myös naarmuja sekä kolhuja, jotka jouduttiin hiomaan pois, jotta uudet laakerit eivät vaurioituisi saman tien uudestaan. Hionta suoritettiin hiomakivellä, minkä jälkeen vierintäpinnat kiilloitettiin hienolla hiomakankaalla. Lopuksi työnlaadun tarkasti Wärtsilän tarkastaja, joka oli tyytyväinen lopputulokseen.



Kuva 16. Vioittunut runkolaakeri

Laakeripinnan läpileikkaus



Kuva 17. Laakerin pintakerroksien läpileikkaus (4.)

5.2 Kiertokangen laakerit

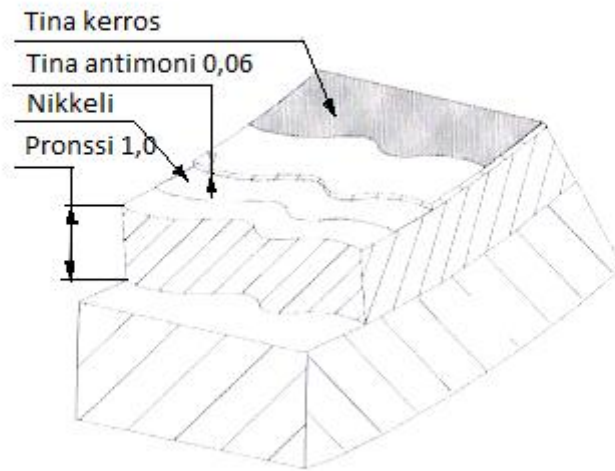
5.2.1 Huoltohistoria

Kiertokangen laakereiden aikaisempi tarkastus oli tehty 5 000 tuntia sitten. Valmistajan suositus tarkastusväliksi on 8 000-12 000 tuntia, jolloin pitää irrottaa ja tarkastaa satunnaisesti laakeripinta kahdesta koneen kiertokangen ylä- ja alapään laakerista.

5.2.2 Kiertokangen laakereiden kunnon määrittäminen visuaalisesti

Laakereiden pintamateriaalin paksuus on vain 1/100 mm. Pintamateriaalin alla on pronssikerros, joka indikoi laakerin kuluneisuutta laakerin pinnan värin muutoksella. Laakerin kuntoa määriteltäessä on laakeri vaihdettava uuteen, jos vanhassa laakerin pinnassa näkyy alempaa pronssikerrosta.

Laakerinpinnan läpileikkaus



Kuva 18. Laakerin pintakerroksien läpileikkaus (4.)

5.2.3 Analysointi ja huolto

Luokituslaitos halusi tarkastaa kaksi yläpään ja kaksi alapään laakeria. Laakerit tarkastettiin 3. ja 4. sylintereistä, koska ne ovat moottorin keskellä ja niihin kohdistuu suurin voima. Kun laakereita tarkastettiin, todettiin niiden olevan kuluneita, koska niissä näkyi miltei koko laakerin leveydeltä pronssikerrosta, joka indikoi kuluneisuutta laakerissa. Koska kaikki neljä tarkastettua laakeria olivat kuluneita, tarkastettiin kaikki kiertokangen ylä- ja alapään laakerit. Kaikki laakerit olivat erittäin kuluneita ja vaihdettiin uusiin. Kaikki kiertokangen alapään laakerivaipat mitattiin mahdollisten soikeuksien ja kulumien varalta. 3., 4. ja 5. sylinterin kiertokangen alapään laakerivaipat olivat yli sallittujen kulumisrajojen. Laakerivaipat lähetettiin koneistukseen Hollantiin Wärtsilän huoltoon.

Taulukko 5. Kiertokangen laakerivaippojen soikeus ja kulumismittauksien tulokset, **vahvistetut** arvot ylittävät sallitut toleranssiarvot

	A1/A2	B1/B2	C1/C2
CYL 1	350,04/ 350,06	350,11/ 350,10	349,96/ 349,97
CYL 2	350,07/ 350,11	350,18/ 350,16	349,94/ 349,97
CYL 3	350,03 /350,07	350,09/ 350,14	349,89/ 349,93
CYL 4	350,11/ 350,16	350,09/ 350,06	349,91/ 349,93
CYL 5	350,14/ 350,13	350,05/ 350,07	349,92/ 349,94
CYL 6	350,16/ 350,16	350,03/ 350,05	349,91/ 349,94

5.3 Männän kruunu

5.3.1 Huoltohistoria

Laivan henkilökunta oli avannut ja tarkistanut männän kruunut 10 000 tuntia aikaisemmin, jolloin niiden palotilat ja voiteluöljytilat olivat puhdistettu ja tarkastettu mahdollisten halkeamien varalta.

5.3.2 Analysointi ja huolto

Männän kruunut olivat erittäin karstaisia palotilasta sekä voiteluöljytiloista, halkeamia tai kolhuja kruunuissa ei ollut näkyvissä. Männänrengasurat mitattiin ja niiden todettiin olevan valmistajan ohjearvojen mukaiset. Koska moottoriin tehtiin samalla kiillotumisenestorengasmodifikaatio, ei männän kruunuja olisi voitu käyttää enää alkupe-

räisessä kunnossa uudestaan. Ne olisi pitänyt lähettää koneistettavaksi Wärtsilälle, joten päätettiin moottoriin asentaa uudet kiillottumisenestorengasmodifikaatioon sopivat männän kruunut.

5.3.3 Modifikaatio

Valmistaja suosittelee päivittämään männän kruunuihin uudenmalliset kiinnityspultit, koska alkuperäismallisten pulttien kanssa oli ollut ongelmia vastaavissa moottoreissa. Uusien pulttien ero vanhoihin oli niiden kiinnityksessä ja lukituksessa. Koneen kaikkiin mäntiin vaihdettiin uudet kiinnityspultit.

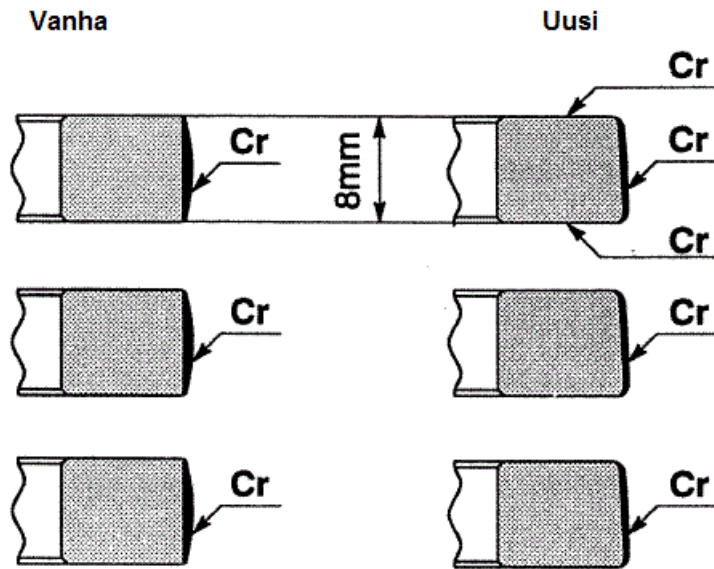
5.4 Männänrenkaat ja öljyrenkas

Sulzer 6ZL40-moottorityypissä männänrenkaita on kolme, kaksi tiivistysrengasta ja yksi öljyrenkas. Männänrenkaat ovat valmistettu erikoisteräksestä ja niissä on kromipinnoite, joka parantaa niiden kestävyyttä ja käyttöikää. Männänrenkaiden kuluma-arvot ilmoitetaan päittäisvälyksenä. Männänrenkaan kuntoa arvioidaan myös visuaalisesti, jolloin männänrenkaissa ei tulisi näkyä naarmuja, epämääräisiä kulumia, teräviä reunoja eikä lohkeamia.

Jos männänrenkaiden ja öljyrenkaan tarkastusvälejä tai käyttöikää ei tarkkailla, voi niiden kuluminen aiheuttaa männänrenkaiden tai öljyrenkaan katkeamisen, jolloin mäntä voi kiinnileikkautua sylinterivuoreen, mikä aiheuttaa vakavaa vauriota moottorille.

5.4.1 Modifikaatio

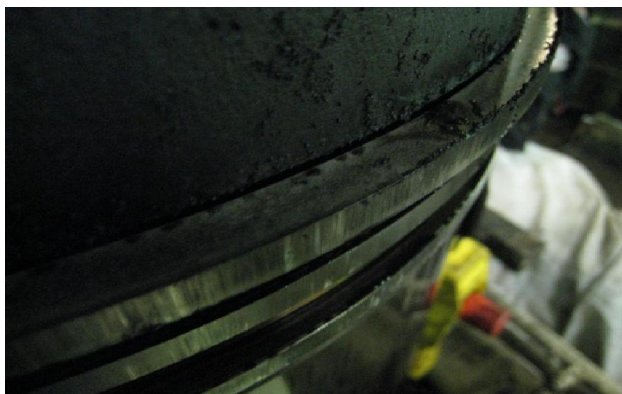
Männänrenkaat vaihdettiin uudenmallisiin, koska alkuperäismallisissa männänrenkaissa oli havaittu kulumisongelmia, jotka voivat vahingoittaa sylinteriä. Uusissa männänrenkaissa valmistusmateriaali on vaihdettu sekä renkaat on kromattu kestävyuden parantamiseksi. Kaikkiin mäntiin vaihdettiin uudet männänrenkaat.



Kuva 19. Vanhat ja uudet männänrenkaat (2.)

5.4.2 Analysointi ja huolto

Kaikki männänrenkaat ja öljyrenkaat olivat erittäin huonossa kunnossa, 1., 3., 4., 5. ja 6. sylinterin ylimmäiset männänrenkaat olivat kuluneet erittäin paljon, ja niiden kulmat olivat kuluneet teräviksi. 3., 4. ja 5. sylintereissä alimmaiseta männänrenkaat olivat hajonneet pieniksi palasiksi, mikä oli aiheuttanut 3., 4. ja 5. sylintereille pahoja naarmuja. Koska valmistaja suosittelee vaihtamaan uuden tyyppiset männänrenkaat vanhojen tilalle sekä vaihtamaan kaikki renkaat jokaisen männän haalauksen yhteydessä, vaihdettiin jokaiseen mäntään uudet männänrenkaat sekä öljyrenkaat käyttövarmuuden parantamiseksi.



Kuva 20. 1. sylinterin männänrenkaat

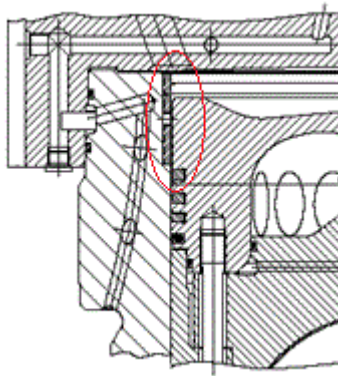
5.5 Männän pyörittäjä

5.5.1 Analysointi ja huolto

Luokituslaitos määräsi männän pyörittäjän laakerit tarkastettavaksi. Ensin mäntä purettiin ja sen jälkeen pyöritysmekanismi avattiin. Laakereita tarkastaessa todettiin niiden vierintäpinnassa värin muutoksia, mikä on kulumisen merkki. Laakerit vaihdettiin uusiin, jonka jälkeen männän pyöritysmekanismi kasattiin, välykset mitattiin ja todettiin olevan kunnossa.

5.6 Kiillottumisenestorengas

Kiillottumisenestorengas on erillinen teräksestä valmistettu rengas, joka on asennettu sylinterin yläosaan. Renkaan sisähalkaisija on hieman pienempi kuin sylinterin sisähalkaisija, jolloin karsta ei pääse nousemaan männän päälle ja aiheuttamaan epäpuhdasta palamista sylinterin palotilassa.



Kuva 21. Kiillottumisenestorengas ympyröity punaisella (2.)

Kiillottumisenestorengaan tärkeimmät edut ovat

- voiteluaineen kulutus vähenee
- sylinterivuoren kulumisen vähenee
- hiilivedyn tuotanto vähenee
- savutus vähenee
- turbiinin kulumisen vähenee.

5.6.1 Analysointi ja muutostyö

Modifikaatiota varten moottoriin joutuu tekemään suuren muutostyön ja sen takia alkuperäisen kokoonpanon muuttaminen kiillottumisenestorenkaalliseksi kokoonpanoksi ei kannata, jos moottoriin vaihdettavat komponentit ovat hyvässä kunnossa eikä tarvitse huoltoa.

Kiillottumisenestorengasmodifikaatiossa vaihdetut osat

- 6 kpl sylinterivuoria
- 6 kpl männän kruunuja

Vanhat komponentit olisi myös voitu koneistaa modifikaatioon sopiviksi, mutta koska komponentit olivat kuluneita, ja ne olisi jouduttu vaihtamaan viimeistään seuraavan huollon yhteydessä, päätettiin kaikki tarvittavat osat vaihtaa uusiin.

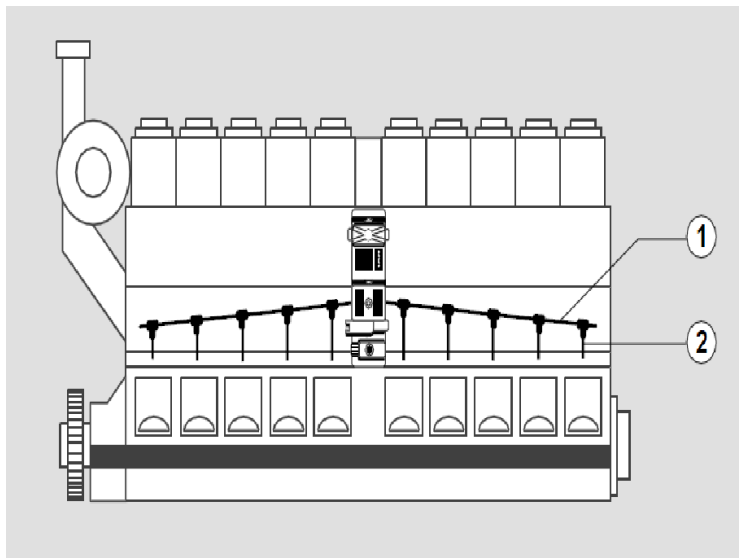
5.7 Kampikammion öljysumuhälytinjärjestelmä

Luokituslaitos sekä SOLAS-sopimus määräävät aluksen paloturvallisuuden vuoksi, että jos aluksessa käytettävän moottorin teho on yli 2 250 kW tai sylinterin halkaisija on yli 300 mm, pitää moottorissa olla kampikammion öljysumuhälytinjärjestelmä.

Öljysumuhälyttimen tehtävä on suojella dieselmoottoreita vakavilta moottorivaurioilta ja kampikammioräjähdyksiltä, jotka johtuvat laakerivioista kampikammiossa sekä männän komponenttien ylikuumenemisesta. Järjestelmä tarkkailee laakereiden sekä männän komponenttien lämpötilaa omalla alipaineella toimivalla imujärjestelmällä, joka toimittaa tiedon elektroniselle moduulille.

Järjestelmään kuuluu lisäksi

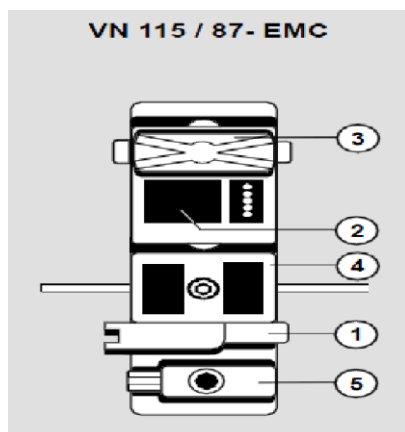
- optinen infrapunasilmä, joka tarkkailee öljyn sameutta kampikammiossa
- moottorin hätäpysäytysjärjestelmä jos laitteisto havaitsee poikkeamia



Kuva 22. Öljysumuhälytínjärjestelmä, päälinja (1) sekä imuputket (2) (3.)

Laitteen keskeiset komponentit

1. Pohjalevy, johon on kiinnitetty ilmapumppu (1), joka tuottaa tarvittavan alipaineen järjestelmään sekä pääliitin (5)
2. Mittapää elektronisella moduulilla, näyttölaite (2) ja tarkastusluukku (3)
3. Putkien ja hälytyspisteiden jakokeskus (4)



Kuva 23. Laitteen keskeiset komponentit (3.)

5.7.1 Tekniset tiedot

Schaller 115/87 EMC Visatron

Käyttöjännite: 24V +/-25%

Virrankulutus: Maks. 3A

Paineilman kulutus: Maks. m3/h

Sallittu käyttölämpötila: 0 °C..+ 70 °C

5.7.2 Asennus

Koska laivassa ei ollut aikaisemmin minkäänlaista öljysumuhälytysjärjestelmää, niin valmistajan edustaja suositteli Schaller Automationin valmistamaa laitteistoa. Wärtsilä hoiti laitteiston asennuksen sekä säädön. Ongelmia aiheutti se, että laivan työilma-kompressorit olivat liian pienitehoisia öljysumuhälytinjärjestelmälle. Ongelma korjattiin asentamalla lisätyöilmakompressorin.

5.7.3 Laitteen huolto

Laitteen tarkastukset ja huollot ovat tulevaisuudessa tärkeä osa aluksen turvallisuutta. Laitteistoa pitää huoltaa käyttötuntien mukaan ja noudattaa valmistajan ohjeita varaosista ja tarkastuksista.

Taulukko 6. Kampikammion öljysumuhälytinjärjestelmän huoltotoimenpiteiden aikavälit

Käyttötunnit	Huolto/Tarkastus
500 tunnin välein	Laitteen toiminnan tarkastustestijolla
2 000 tunnin välein	Ilmansuodattimen pesu
8 000 tunnin välein	Ilmansuodattimen vaihto

(3.)

Valmistajan antamia huoltovälejä on noudatettava tai muuten luokituslaitos voi todeta laitteen toiminta kelvottomaksi.

5.8 Kampiakselin värinävaimennin

Moottori on varustettu värinävaimentimella ja se sijaitsee kampiakselin vapaassa päässä. Värinävaimentimen tehtävä on vaimentaa kampiakselille tulevia vääntövärähtelyitä. Vaimentimen toiminta tapahtuu viskoosinesteen avulla, sitä on värinävaimentimen sisällä säiliössä. Vääntövärähtely siirtyy vaimentimessa olevaan viskoosinesteseen ja nostaa nesteen lämpötilaa, lämpö säteilee pois vaimentimen metallipinnan kautta.

5.8.1 Huoltohistoria

Värinävaimentimen huolloista tai viskoosinesteen laadun tarkkailusta ei ollut olemassa minkäänlaisia dokumentteja. Valmistajan suositus viskoosinäytteelle on noin 20 000 tuntia. Värinävaimentimen kuntoon vaikuttaa moottorin kierroslukualue ja käyttötunnit. Jos näyte ei täytä valmistajan vaatimuksia, voidaan neste vaihtaa värinävaimentimeen, mutta useimmiten taloudellisempaa on vaihtaa koko vaimennin.

5.8.2 Analysointi ja huolto

Koska moottorin vapaapää oli purettu valmiiksi, oli värinävaimentimen viskoosinesteen näytteenotto helppoa. Viskoosinesteessä ei ollut väri- tai hajupoikkeamia, joten se lähetettiin tarkempiin tutkimuksiin Wärtsilälle. Tarkemmat kokeet viskoosinesteelle osoittivat värinävaimentimen olevan erittäin huonossa kunnossa. Värinävaimennin vaihdettiin kokonaan uuteen, koska viskoosinesteen vaihto olisi ollut vaikea tehtävä, ja se olisi pitänyt suorittaa erikoislaitteilla, joita laivalla ei ollut saatavilla.

6 YHTEENVETO

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, kuinka luokituslaitos ja asiakas toimivat yhteistyössä laivan pääkoneen luokituksessa ja mitä luokitusprosessi vaatii asiakkaalta, jotta laivan kuljetuskoneisto saadaan turvallisuudeltaan ja käyttövarmuudeltaan luokituslaitoksen vaatimusten ja määräysten mukaiselle tasolle.

Tärkeimpiä tavoitteita työtä aloitettaessa oli selvittää ja kerätä tietoa luokituslaitoksen ja moottorin valmistajan vaatimista komponenttien tarkastuksista sekä huolloista. Tavoitteiden saavuttaminen oli tärkeää, koska kerätyt tiedot auttoivat huollon suunnittelussa sekä moottorin kunnon kartoituksessa.

Tutkimuksen laajuus aiheutti ongelmia, koska huoltoon varattu aika ei ollut rajaton ja yllätyksenä tulleita huoltoja ja tarkastuksia tuli työn aikana erittäin paljon. Ne laajensivat työtä runsaasti, ja siksi työtä tehtäessä oli aihe rajattava pelkästään pääkonetta koskevaksi ja jätettävä voimansiirto pois, koska muuten työn aikataulu olisi ollut liian tiukka. Työn suunnittelu oli yllättävän helppoa, koska olin ollut aikaisemminkin mukana laivan pääkoneen luokituksessa ja tiesin pääpiirteittäin, mitä luokituslaitos vaatii tarkastettavaksi. Koska tutkimuksen työympäristö oli tuttu, ongelmaksi muodostui ainoastaan moottorin huoltohistorian puutteellisuus ja dokumentoinnin venäjän kieli.

Vaikka suurimman osan koneen komponenteista olisi pitänyt olla valmistajan antamien käyttöikäsuositusten mukaan hyvässä kunnossa eikä vaaraa kulumisrajojen ylittämisestä olisi pitänyt olla, usein tarkastetut komponentit olivat erittäin kuluneita ja huonokuntoisia. Suurimmat syyt moottorin komponenttien huonoon kuntoon olivat voiteluaineen laatu, jäähdytysveden laatu, valmistajan määräämien moottorin komponenttien tarkastuksien ja huoltojen laiminlyönti ja polttoaineen heikko laatu moottorissa. Voiteluaineen heikko laatu johtui öljynäytteiden laiminlyönneistä sekä puutteellisesta voiteluaineen separoinnista. Jäähdytysveden heikko laatu johtui jäähdytysveden lisäaineiden riittämättömyydestä sekä lisäaineiden annostelijan puutteesta. Polttoaineen laatu oli ollut heikkoa moottorissa, koska moottorin polttoaineen viskositeettimittari ei ollut toiminut oikein ja se aiheutti polttoaineen käyttölämpötilaan ja viskositeettiin muutoksia. Polttoaineen separointi oli puutteellista, koska separaattorit olivat rikki. Huollon aikana moottorissa ja apulaitteissa havaitut puutteet ja viat korjattiin,

jotta moottorin käyttövarmuus ja valmistajan ilmoittamat huolto-ohjelmat saatiin oikeiksi.

Tulevaisuudessa, kun seuraava luokitus on moottorille ajankohtainen, moottoriin luultavasti joudutaan asentamaan rikkipesuri, koska luokituslaitoksien määräykset ja säännökset kovenevat koko ajan. Moottorin luokitus on erittäin suuri prosessi ja se vaatii aikaa, rahaa ja paljon työtunteja. Koska maailmalla liikkuu erittäin paljon aluksia ja kyseessä on ihmisten ja ympäristön turvallisuus, luokituslaitoksien säännökset ja määräykset ovat erittäin tärkeitä laivan ja sen kuljetuskoneiston kunnon valvonnan kannalta.

LÄHTEET

- 1.Häkkinen,P. 1993. Laivan koneistot. 9.painos. Teknillinen korkeakoulu laivalaboratorio. Espoo.
2. New Sulzer Diesel limited. 1992. Maintenance manual for Sulzer diesel engines. New Sulzer Diesel engines Ltd. Switzerland.
- 3.Schaller Automation limited. 2010.Visatron Operation Manual. Schaller Automation Ltd. Germany.
4. Wärtsilä Finland Oy. 2004. Wärtsilä 46 Manual. 8.painos. Wärtsilä Finland Oy. Finland.